

CAPACITIVE PHYSICAL QUANTITY DETECTING DEVICE

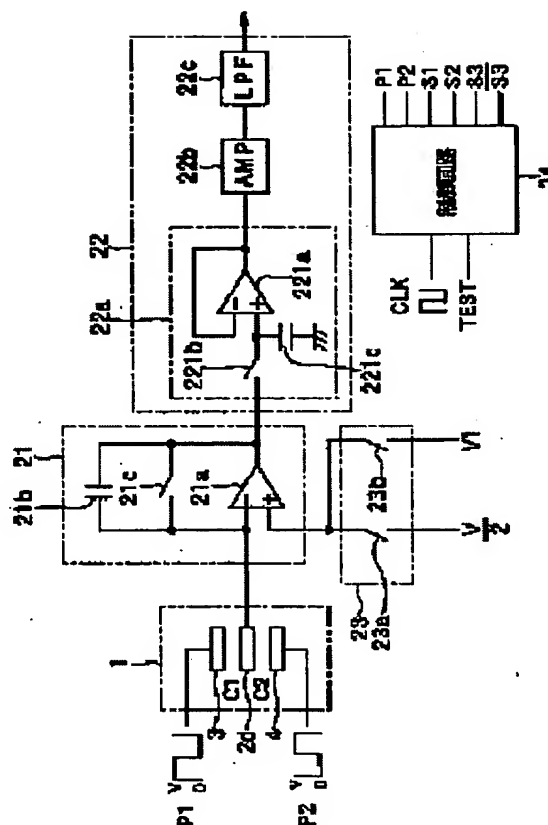
Patent number: JP2000081449
 Publication date: 2000-03-21
 Inventor: NONOYAMA HAYASHI; YAMAUCHI SHIGENORI
 Applicant: DENSO CORP
 Classification:
 - International: G01P15/125; G01L1/14; G01L9/12; G01P21/00
 - european:
 Application number: JP19990108454 19990415
 Priority number(s):

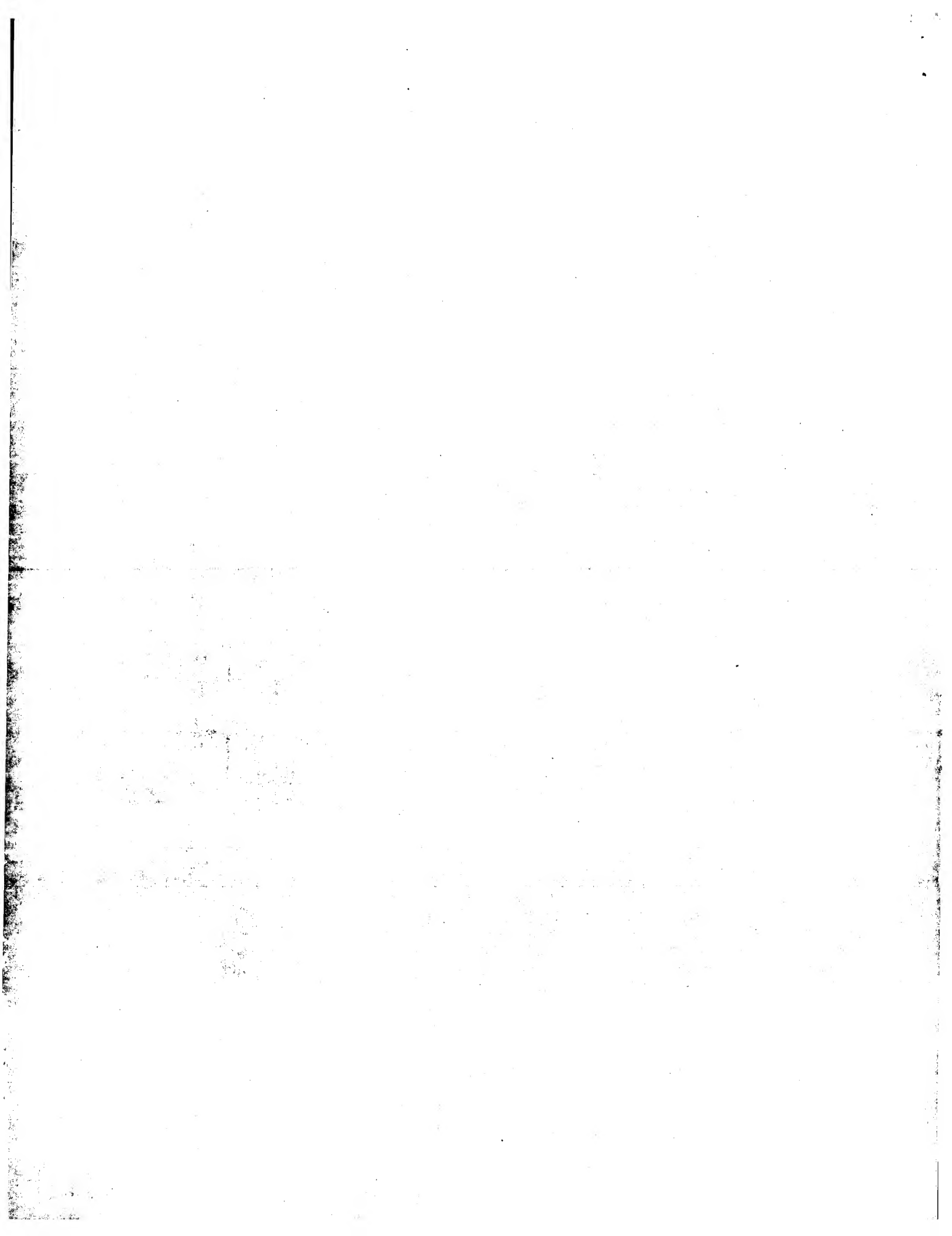
Also published as:

US6257061 (B)

Abstract of JP2000081449

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a capacitive physical quantity detecting device capable of self-diagnosis.
SOLUTION: This physical quantity detecting device has a period for detecting changes in capacity and a period for displacing a movable electrode and applies a periodically changing signal between the movable electrode 2d and each fixed electrode 3, 4. In the period for detecting the changes in capacity, a C-V conversion circuit 21 outputs a voltage matching a change in a differential capacity consisting of the movable electrode 2d and the fixed electrodes 3, 4 and acceleration is detected. In the period for displacing the movable electrode, during self-diagnosis a voltage to be applied to the non-inversion input terminal of an operational amplifier 21a in the C-V conversion circuit 21 is changed from $V/2$ to V_1 to impart false acceleration to the movable electrode 2d.





(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-81449

(P2000-81449A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 P 15/125		G 0 1 P 15/125	
G 0 1 L 1/14		G 0 1 L 1/14	A
9/12		9/12	
G 0 1 P 21/00		G 0 1 P 21/00	

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-108454

(22) 出願日 平成11年4月15日 (1999.4.15)

(31) 優先権主張番号 特願平10-185083

(32) 優先日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 野々山 林

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72) 発明者 山内 重徳

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(74) 代理人 100100022

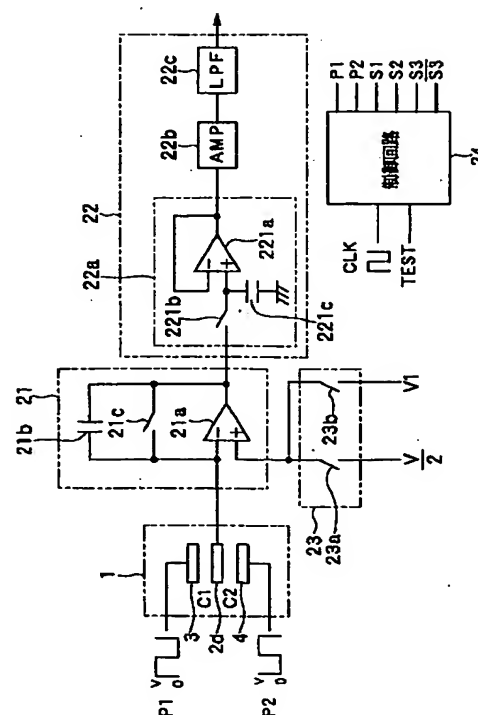
弁理士 伊藤 洋二 (外1名)

(54) 【発明の名称】 容量式物理量検出装置

(57) 【要約】

【課題】 自己診断を行うことができる容量式物理量検出装置を提供する。

【解決手段】 容量変化を検出するための期間と可動電極を変位させるための期間とを有し周期的に変化する信号を、可動電極2dと固定電極3、4の間に印加し、容量変化を検出する期間においては、C-V変換回路21により可動電極2dと固定電極3、4からなる差動容量の変化に応じた電圧を出力するようにして加速度検出を行い、可動電極を変位させる期間においては、自己診断時に、C-V変換回路21における演算増幅器21aの非反転入力端子に印加する電圧を $V/2$ から $V1$ に切り換えて、可動電極2dに擬似的な加速度を与えるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物理量の変化に応じて変位する可動電極（2 d）と、

前記可動電極に対向して配置された固定電極（3、4）と、

少なくとも容量変化を検出するための期間と、自己診断を行うために前記可動電極を変位させるための期間とを有する信号を前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加する信号印加手段（2 3、2 4）と、

前記容量変化を検出するための期間における信号が前記可動電極と前記固定電極との間に印加されているときに、前記可動電極と前記固定電極からなる容量の変化に応じた電圧を出力するC-V変換回路（2 1）と、前記C-V変換回路の出力電圧を信号処理して前記物理量の変化に応じた信号を出力する信号処理回路（2 2）とを備え、

前記信号印加手段は、前記可動電極を変位させるための期間における信号を、自己診断でない時の信号と自己診断時の信号との間で切り替える切替手段（2 3）を有しており、

前記自己診断時の信号を前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加することにより、前記可動電極に擬似的な物理量を発生させるようにしたことを特徴とする容量式物理量検出装置。

【請求項2】 前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加される信号の周波数が、前記可動電極の変位方向の共振周波数よりも高い周波数になっていることを特徴とする請求項1に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項3】 前記切替手段は、前記切り替えにより前記可動電極の電位を変化させるものであることを特徴とする請求項1又は2に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項4】 前記切替手段は、前記切り替えにより前記固定電極の電位を変化させるものであることを特徴とする請求項1又は2に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項5】 前記C-V変換回路は、前記可動電極に一方の入力端子が接続される演算増幅器（2 1 a）を有して構成されており、前記切替手段は、前記自己診断でない時に第1の電圧（ $V/2$ ）を前記演算増幅器の他方の入力端子に印加し、前記自己診断時に第2の電圧（ V ）を前記演算増幅器の他方の入力端子に印加するものであることを特徴とする請求項1又は2に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項6】 前記C-V変換回路は、前記可動電極に一方の入力端子が接続される演算増幅器（2 1 a）を有して構成されており、前記切替手段は、前記自己診断でない時に前記可動電極と前記演算増幅器の一方の入力端子を接続し、前記自己診断時に前記可動電極に自己診断用の電圧（ V ）を印加するものであることを特徴とする請求項1又は2に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項7】 前記切替手段は、前記自己診断でない時

に前記固定電極に前記周期的に変化する信号を印加し、前記自己診断時に前記固定電極に自己診断用の電圧（ V ）を印加するものであることを特徴とする請求項1又は2に記載の容量式物理量検出装置。

【請求項8】 物理量の変化に応じて変位する可動電極（2 d）と、

前記可動電極に対向して配置された固定電極（3、4）と、

自己診断時には容量変化を検出するための期間と、自己診断を行うために前記可動電極を変位させるための期間とを有する信号を前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加し、自己診断でない通常動作時には前記可動電極を変位させるための期間を含まず前記容量変化を検出するための期間を有する信号を前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加する信号印加手段（2 4）と、

前記容量変化を検出するための期間における信号が前記可動電極と前記固定電極との間に印加されているときに、前記可動電極と前記固定電極からなる容量の変化に応じた電圧を出力するC-V変換回路（2 1）と、前記C-V変換回路の出力電圧を信号処理して前記物理量の変化に応じた信号を出力する信号処理回路（2 2）とを備え、

前記信号印加手段は、前記可動電極を変位させるための期間における信号を、前記可動電極と前記固定電極の間に静電気力を発生させて前記可動電極に擬似的な物理量を発生させるための信号にする手段（2 3）を有することを特徴とする容量式物理量検出装置。

【請求項9】 前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加される信号は、サーボ制御を行うための期間の信号を有しており、

さらに前記サーボ制御を行うための期間に前記信号処理回路からの信号を前記可動電極に印加して前記可動電極を所定の位置に保持させる手段（2 5、2 6）を備えたことを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1つに記載の容量式物理量検出装置。

【請求項10】 物理量の変化に応じて変位する可動電極（2 d）と、

前記可動電極に対向して配置された固定電極（3、4）と、

自己診断でない通常動作時には容量変化を検出するための信号を前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加し、自己診断時には前記容量変化を検出するための信号に加えて、自己診断を行うために前記可動電極を変位させるための信号を前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加する信号印加手段（2 3、2 4）と、前記容量変化を検出するための信号が前記可動電極と前記固定電極との間に印加されているときに、前記可動電極と前記固定電極からなる容量の変化に応じた電圧を出力するC-V変換回路（2 1）と、

前記C-V変換回路の出力電圧を信号処理して前記物理量の変化に応じた信号を出力する信号処理回路(22)とを備え、

前記可動電極を変位させるための信号を前記可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加することにより、前記可動電極に擬似的な物理量を発生させるようにしたことを特徴とする容量式物理量検出装置。

【請求項11】 前記固定電極は、前記可動電極の両側に対向して配置された一対の固定電極であって、前記容量変化を検出するための期間において前記一対の固定電極に印加されるそれぞれの信号は、中心電圧が等しく振幅が同一でかつ電圧レベルが反転した搬送波信号になっていることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1つに記載の容量式物理量検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、加速度、角速度、圧力等の物理量を検出する容量式物理量検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】従来、可動電極と固定電極を対向配置し、可動電極と固定電極間の容量に基づいて物理量を検出する容量式物理量検出装置において、その自己診断を行う場合、可動電極と固定電極間に静電気力を発生させ、擬似的に物理量が発生したような状態にして自己診断を行うようにしたものが種々提案されている。

【0003】例えば、特開平5-322921号公報には、昇圧回路を用いた自己診断用電源と加算器を備え、自己診断時に、固定電極に診断信号を加えて、可動電極に擬似的な加速度を与え、この擬似的な加速度により自己診断を行うようにしたものが開示されている。また、米国特許第5,540,095号明細書には、自己診断を行うときに、可動電極に対向する2つの固定電極の一方への搬送波信号のレベルを自己診断の間低下させて、可動電極に擬似的な物理量を発生させ、この擬似的な物理量により自己診断を行うようにしたものが開示されている。

【0004】また、米国特許第5,583,290号明細書には、可動電極に対向する2つの固定電極のそれぞれに、中心電圧が異なる搬送波信号を印加して容量検出を行うとともに、自己診断を行うときに、可動電極に印加する電圧を自己診断の間変化させて、可動電極に擬似的な物理量を発生させ、この擬似的な物理量により自己診断を行うようにしたものが開示されている。

【0005】本発明は、このように擬似的に物理量を発生させて自己診断を行うものにおいて、新規な方式で自己診断を行うことができる容量式物理量検出装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1乃至7に記載の発明においては、可動電極と固定電極との間に、周期的に変化する信号を印加して、可動電極と固定電極からなる容量の変化に基づいて物理量の変化を検出するようにしたものであって、前記した周期的に変化する信号を、少なくとも容量変化を検出するための期間と、自己診断を行うために可動電極を変位させるための期間とを有するようにし、可動電極を変位させるための期間においては、前記した周期的に変化する信号を、自己診断でない時の信号と自己診断時の信号との間で切り替えるようにしたことを特徴としている。

【0007】従って、自己診断時には、前記した自己診断用の信号が周期的に可動電極と固定電極との間に印加されるため、可動電極と固定電極の間に静電気力を発生させて可動電極に擬似的に物理量が発生した状態にすることができる。この場合、可動電極の変位を、容量変化を検出する期間におけるC-V変換回路の出力電圧に基づいて検出することにより、自己診断を行うことができる。

【0008】また、請求項8に記載の発明のように、自己診断時には容量変化を検出するための期間と、自己診断を行うために可動電極を変位させるための期間を有する信号を可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加し、自己診断でない通常動作時には可動電極を変位させるための期間を含まず容量変化を検出するための期間を有する信号を可動電極と固定電極との間に周期的に印加するようにし、さらに可動電極を変位させるための期間における信号を、可動電極と固定電極の間に静電気力を発生させるための信号にするようにしても、自己診断時には可動電極を変位させるための信号が可動電極と固定電極との間に周期的に印加されるため、可動電極と固定電極の間に静電気力を発生させて可動電極に擬似的に物理量が発生した状態にすることができる。

【0009】また、この発明の場合、通常動作時には可動電極を変位させる期間をなくしているため、C-V変換回路の出力信号の周波数を高くすることができる。このようにC-V変換回路の出力信号の周波数を高くすることによって、検出感度を高めたり信号処理回路におけるノイズ除去のためのローパスフィルタの設定を容易にするなどの効果を奏する。

【0010】なお、請求項9に記載の発明のように、可動電極と固定電極との間に周期的に印加される信号の中にサーボ制御を行うための期間の信号を有し、その期間に信号処理回路からの信号を可動電極に印加して可動電極を所定の位置に保持させるようにすれば、サーボ制御を用いた容量検出手段において自己診断を行うことができる。

【0011】また、請求項10に記載の発明のように、自己診断でない通常動作時には容量変化を検出するための信号を可動電極と固定電極との間に周期的に印加し、

自己診断時には容量変化を検出するための信号に加えて、自己診断を行うために可動電極を変位させるための信号を可動電極と前記固定電極との間に周期的に印加するようにしても、自己診断時には可動電極を変位させるための信号が可動電極と固定電極との間に周期的に印加されるため、可動電極と固定電極の間に静電気力を発生させて可動電極に疑似的に物理量が発生した状態にすることができる。

【0012】なお、容量検出感度は、一对の固定電極に印加する信号の振幅に比例するため、高い感度を得るには、できるだけ振幅を大きくすることが望ましい。そのためには、請求項11に記載の発明のように、容量変化を検出するための期間において、可動電極の両側に対向して配置された一对の固定電極に印加するそれぞれの信号を、中心電圧が等しく振幅が同一でかつ電圧レベルが反転した搬送波信号とすれば、電源電圧範囲で最大の振幅が得られるため、C-V変換回路における感度を高くすることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）図1に、容量式加速度センサにおけるセンサ部の模式的構成を示す。このセンサ部は、センサエレメント10および検出回路20から構成されている。センサエレメント10は、梁構造体2を有する構造になっており、この梁構造体2は、梁構造体2を基板1の上面に固定するための4つのアンカ部2aと、4つの梁部2bと、質量部2cと、質量部2cの両側に形成された複数の可動電極2dから構成されている。また、それぞれの可動電極2dには、固定電極3、4が対向配置され、固定電極3、4は基板1上に固定されている。

【0014】このような構成において、質量部2cが加速度を受けて変位すると、可動電極2dもそれに応じて変位する。可動電極2dと固定電極3および可動電極2dと固定電極4は差動の容量を構成しており、可動電極2dの変位に応じてそれらの容量が変化する。検出回路20は、可動電極2dと固定電極3、4による差動容量の変化に基づいて加速度を検出する。

【0015】図2に、その検出回路20の具体的な構成を示す。検出回路20は、C-V変換回路21、信号処理回路22、スイッチ回路23および制御回路24から構成されている。なお、スイッチ回路23および制御回路24は、可動電極2dと固定電極3、4の間に周期的に信号を印加する信号印加手段を構成しており、またスイッチ回路23は、可動電極を変位させるための期間における信号を、自己診断でない時の信号と自己診断時の信号との間で切り替える切替手段、あるいは可動電極2dと固定電極3、4の間に静電気力を発生させて可動電極2dに疑似的な物理量を発生させるための信号にする手段を構成している。

【0016】C-V変換回路21は、可動電極2dと固

定電極3、4からなる差動容量の変化を電圧に変換するもので、演算増幅器21a、コンデンサ21b、およびスイッチ21cから構成されている。演算増幅器21aの反転入力端子は、可動電極2dに接続されており、反転入力端子と出力端子との間には、コンデンサ21bおよびスイッチ21cが並列に接続されている。また、演算増幅器21aの非反転入力端子には、スイッチ回路23を介してV/2の電圧とV1の電圧のいずれかが入力される。

【0017】信号処理回路22は、サンプルホールド回路22a、増幅回路（AMP）22b、ローパスフィルタ（LPF）22cから構成されている。サンプルホールド回路22aは、C-V変換回路21の出力電圧をサンプリングして一定期間保持し、増幅回路22bは、サンプルホールド回路22aの出力電圧を所定の感度まで増幅し、ローパスフィルタ22cは、増幅回路22bの出力電圧から所定の周波数帯域の成分のみを取り出して、加速度検出信号を出力する。なお、サンプルホールド回路22aは、ボルテージフォロウを構成する演算増幅器221aと、スイッチ221bと、コンデンサ221cにより構成されている。

【0018】スイッチ回路23は、C-V変換回路21における演算増幅器21aの非反転入力端子に、図示しないそれぞれの電圧源からのV/2の電圧とV1の電圧のいずれかを入力するもので、スイッチ23aとスイッチ23bから構成されている。スイッチ23aとスイッチ23bは、一方が閉じているときに他方が開くようになっている制御回路24は、基準クロックCLK、自己診断信号TESTに基づいて、固定電極3、4に印加する振幅Vの搬送波信号P1、P2およびスイッチ21c、スイッチ221b、スイッチ23a、スイッチ23bを開閉させるスイッチ信号S1、S2、S3（バー）、S3をそれぞれ生成して出力する。それぞれのスイッチは、半導体スイッチ等のスイッチ手段で構成されており、制御回路24からのスイッチ信号がハイレベルのとき閉成する。なお、スイッチ信号S3（バー）は、スイッチ信号S3を反転した信号である。

【0019】上記構成においてその作動を、図3、図4に示す信号波形図を参照して説明する。制御回路24から出力される搬送波信号P1、P2は、図3、図4に示すように、3つの期間（ $\phi 1 \sim 3$ ）でハイレベル（Hi）とローレベル（Lo）が変化する一定振幅の矩形波信号となっており、搬送波信号P2は、搬送波信号P1に対して電圧レベルが反転した信号となっている。この実施形態においては、第1、第2の期間 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ が容量変化を検出するための期間で、 $\phi 3$ が可動電極を変位させるための期間となっている。

【0020】まず、通常動作時の作動について図3を参照して説明する。第1の期間 $\phi 1$ では、搬送波信号P1はHi、搬送波信号P2はLoになっている。また、制

御回路24からのスイッチ信号S1、S2、S3（バー）、S3により、スイッチ21cは閉、スイッチ221bは開、スイッチ23aは閉、スイッチ23bは開になっている。このことにより、演算増幅器21aの非反転入力端子に $V/2$ の電圧が印加され、可動電極2dに $V/2$ の電圧が印加されるとともに、コンデンサ21bの電荷が放電される。

【0021】この状態において、可動電極2dと固定電極3の間には、 $Q1 = -C1 \cdot V/2$ という電荷がたまる。一の符号は可動電極2dの固定電極3側の表面に負の電荷がたまることを意味している。また、可動電極2dと固定電極4の間には、 $Q2 = C2 \cdot V/2$ という電荷がたまる。第2の期間 $\phi 2$ においては、搬送波信号P1、P2の電圧レベルが反転（P1がLo、P2がHi）し、スイッチ21cが開くとともにスイッチ221bが閉じる。

【0022】このとき、可動電極2dと固定電極3間には $Q1' = C1 \cdot V/2$ という電荷がたまり、可動電極2dと固定電極4間には $Q2' = -C2 \cdot V/2$ という電荷がたまる。 $\phi 1$ のときに可動電極2dにたまっていた電荷（ $Q1 + Q2$ ）と $\phi 2$ のときに可動電極2dにたまっていた電荷（ $Q1' + Q2'$ ）の差 ΔQ は、 $\Delta Q = (Q1 + Q2) - (Q1' + Q2') = -(C1 - C2) \cdot V$ となる。

【0023】ここで、差動容量C1、C2が異なっていると、 ΔQ という電荷が可動電極2dに生じるが、演算増幅器21aの作用によって可動電極2dの電圧は $V/2$ に保持されるため、 ΔQ の電荷は、コンデンサ21bの可動電極2d側にたまり、コンデンサ21bの反対側の電極には、逆の極性の電荷 $\Delta Q' = (C1 - C2) \cdot V$ がたまる。その結果、演算増幅器21aの出力端子に $\Delta Q' / Cf + V/2 = (C1 - C2) \cdot V / Cf + V/2$ という電圧が生じ、容量の差（ $C1 - C2$ ）に応じた電圧が出力される。

【0024】この電圧はサンプルホールド回路22aにてサンプルホールドされ、増幅回路22b、ローパスフィルタ22cを介して加速度検出信号として出力される。すなわち、サンプルホールド回路22aは、 $\phi 2$ の期間において演算増幅器21aの出力電圧をサンプリングし、それ以外の期間ではサンプリングした電圧を保持する。そして、このサンプルホールド回路22aからの出力電圧により、増幅回路22b、ローパスフィルタ22cを介して加速度検出信号が出力される。

【0025】また、可動電極を変位させるための期間である第3の期間 $\phi 3$ においては、通常動作時では、スイッチ23aが閉じており、演算増幅器21aの非反転入力端子に $V/2$ という電圧が印加される。また、スイッチ21cも閉じるため、演算増幅器21aはボルテージフォロウとなり、可動電極2dには $V/2$ という電圧が印加される。この状態では、可動電極2dと固定電極

3、4のそれぞれの間には、 $V/2$ という電位差により、相反する方向に同じ力の静電気力が生じるため、可動電極2dを変位させるような静電気力は発生しない。すなわち、後述するような擬似的な加速度を生じさせるような静電気力は発生しない。

【0026】従って、通常の動作時においては、上記した $\phi 1 \sim \phi 3$ の期間の作動を繰り返し、可動電極2dが加速度を受けて変位すると、それに応じて加速度検出信号が信号処理回路22から出力される。次に、自己診断時の作動について図4を参照して説明する。この自己診断時においては、制御回路24に自己診断信号TESTが入力される。そして、制御回路24は、図4に示す信号を出力し、第3の期間 $\phi 3$ において、スイッチ信号S3をハイレベルにし、スイッチ信号S3（バー）をローレベルにする。

【0027】その結果、第3の期間 $\phi 3$ において、スイッチ23bが閉じ、スイッチ23aが開くため、演算増幅器21aの非反転入力端子にはV1の電圧が印加される。このとき、スイッチ21cが閉じているため、演算増幅器21aはボルテージフォロウとなり、可動電極2dと固定電極3の間にはV1という電位差が生じ、可動電極2dと固定電極4の間には $V - V1$ という電位差が生じるため、可動電極2dと固定電極3、4とのそれぞれの間に、相反する静電気力が生じることとなり、各々の静電気力の差の力により可動電極2dを変位させようとする力が生じることとなる。

【0028】例えば、V1が $V/2$ より高い電圧であれば $V1 > V - V1$ となり、固定電極3の方向に働く静電気力の方が固定電極4の方向に働く力より大きくなり、可動電極2dは固定電極3の方向に変位する。また、その逆であれば、固定電極4の方向に変位する。この静電気力は、搬送波信号P1、P2の周波数を可動電極2dの検出方向の共振周波数より十分高い周波数（例えば、2倍以上の周波数）に設定しておけば、可動電極2dの共振周波数より十分高い周波数で発生することになるため、あたかもDC的な加速度が可動電極2dに生じた状態となる。このときの可動電極2dのDC的な変位を容量の変化として検出することにより、自己診断を行うことができる。

【0029】すなわち、自己診断により可動電極2dが変位して差動の容量が各々C1からC1'、C2からC2'に変化すれば、 $C - V$ 変換回路21の出力も $V/2 + (C1' - C2') \cdot V / Cf$ に変化するため、このときの信号処理回路22の出力電圧から可動電極2dの変位を検出することができる。例えば、可動電極2dと固定電極3、4間にゴミが付着して容量が変化しない場合には、信号処理回路22の出力電圧が変化しないため、図示しない自己診断回路によって故障を検出することができる。また、経時変化等で感度が増加した場合も、信号処理回路22の出力電圧の変化量により感度変化を検

出すことができる。

【0030】上記した実施形態によれば、搬送波信号P1、P2を、同一の中心電圧 $V/2$ （例えば2.5V）、同一の振幅V（例えば5V）でかつ電圧レベルが反転した信号としているので、米国特許第5,583,290号明細書に記載されているように2つの搬送波信号の中心電圧を異なるようにした場合、中心電圧を異なるための抵抗やコンデンサが必要になるのに対し、上記した実施形態のように2つの中心電圧および振幅を等しくした場合には、搬送波を生成する回路手段を例えばインバータにより容易に形成することができる。

【0031】また、上記した実施形態では、自己診断時に、第3の期間 $\phi 3$ に可動電極2dにV1の電圧を印加し、容量検出を行う第1、第2の $\phi 1$ 、 $\phi 2$ において可動電極2dに印加する電圧を $V/2$ に戻して容量検出を行うようにしている。可動電極2dと演算増幅器21aの間の配線には寄生コンデンサがあるため、米国特許第5,583,290号明細書に記載されているように可動電極に印加する電圧を変化させたままC-V変換を行うと、寄生コンデンサによってC-V変換回路21の出力に誤差が生じるが、この実施形態では、容量検出を行うときに可動電極2dに印加する電圧を $V/2$ に戻しているため、寄生コンデンサによって生じるC-V変換回路21の出力誤差を小さくすることができる。

（第2実施形態）次に、本発明の第2実施形態について説明する。この第2実施形態における検出回路20の構成を図5に示す。

【0032】第1実施形態と異なる点は、C-V変換回路21の非反転入力端子に $V/2$ の電圧を印加し、スイッチ回路23を制御回路24と固定電極3の間に設けた点である。通常動作時には、スイッチ23aが開、スイッチ23bが開となって、搬送波信号P1を固定電極3に印加し、自己診断時には、 $\phi 3$ の期間だけスイッチ23aが開、スイッチ23bが閉となって、V1の電圧を固定電極3に印加する。このように、自己診断時の期間 $\phi 3$ において、固定電極3にV1の電圧を印加することにより、可動電極2dと固定電極3の間には $V/2-V1$ という電位差が生じ、可動電極2dと固定電極4の間には $V/2$ という電位差が生じるため、可動電極2dと固定電極3、4とのそれぞれの間には相反する方向に異なる静電気力が生じ、各々の静電気力の差の力により可動電極2dを変位させる。従って、第1実施形態と同様、自己診断を行うことができる。

（第3実施形態）次に、本発明の第3実施形態について説明する。この第3実施形態における検出回路20の構成を図6に示す。

【0033】第1実施形態と異なる点は、C-V変換回路21の非反転入力端子に $V/2$ の電圧を印加し、スイッチ回路23を可動電極2dとC-V変換回路21の間に設けた点である。通常動作時には、スイッチ23aが

閉、スイッチ23bが開となって、可動電極2dを演算増幅器21aに接続し、自己診断時には、 $\phi 3$ の期間だけスイッチ23aが開、スイッチ23bが閉となって、V1の電圧を可動電極2dに印加する。このように、自己診断時の期間 $\phi 3$ において、可動電極2dにV1の電圧を印加することにより、第1実施形態と同様、自己診断を行うことができる。

（第4実施形態）次に、本発明の第4実施形態について説明する。この第4実施形態における検出回路20の構成を図7に示す。また、通常動作時の信号波形を図8に、自己診断時の信号波形を図9に示す。

【0034】この第4実施形態においては、サーボ式の加速度検出装置としている。このため、第1実施形態の構成に対し、可動電極2dとC-V変換回路21の間にスイッチ25を設けるとともに、信号処理回路22の出力電圧を可動電極2dにスイッチ26を介してフィードバックする経路を設け、スイッチ25、26の開閉を制御回路24にて制御している。なお、スイッチ25、26は、制御回路24からのスイッチ信号S4、S5によって開閉するもので、スイッチ21c、スイッチ221b、スイッチ23a、スイッチ23bと同様、半導体スイッチ等のスイッチ手段で構成されている。

【0035】この実施形態では、 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ の期間において、スイッチ25を閉、スイッチ26を開として、第1実施形態と同様、C-V変換回路21にてC-V変換を行う。また、この実施形態では、 $\phi 3$ の期間をサーボ制御を行うための期間とし、 $\phi 4$ を可動電極を変位させるための期間としている。そして、サーボ制御を行うための $\phi 3$ の期間においては、スイッチ25を開、スイッチ26を閉として、信号処理回路22の出力電圧を可動電極2dに印加する。この場合、増幅回路22bは、可動電極2dを加速度による変位方向と逆方向に変位させて所定の位置に保持するように動作する。

【0036】また、可動電極を変位させる $\phi 4$ の期間においては、スイッチ25を閉、スイッチ26を開とする。ここで、自己診断時には、第1実施形態と同様、スイッチ23aを開、スイッチ23bを閉として、自己診断の動作を行う。従って、この第4実施形態においては、可動電極2dを所定の位置に保持するサーボ制御を行うとともに、自己診断を行うことができる。

【0037】なお、この実施形態において、スイッチ回路23は、第2、第3実施形態の位置に配置するようにしてもよい。

（第5実施形態）上記した第1乃至第4実施形態においては、通常動作時においても可動電極を変位させる期間を設けて動作させるものを示したが、通常動作時には可動電極を変位させる期間をなくすようにしてもよい。

【0038】例えば、第1乃至第3実施形態の場合、通常動作時における制御回路24からの出力信号波形を図

10に示すようにし、第1、第2の期間 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ のみとして容量検出を行うようにする。また、自己診断を行うときには図4に示す第1、第2、第3の期間 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ により自己診断を行うようにする。このように通常動作時に可動電極を変位させる期間をなくすことによって、C-V変換回路21の出力信号の周波数を高くし、検出感度を高めることができる。また、C-V変換回路21の出力信号の周波数が低い場合、外部ノイズを除去するためにローパスフィルタ22cのフィルタ特性を急峻にする必要があるが、この実施形態のように可動電極を変位させる期間をなくしてC-V変換回路21の出力信号の周波数を高めた場合、ローパスフィルタ22cのフィルタ特性をなだらかなものにして外部ノイズの除去を行うことができるため、ローパスフィルタ22cの設定を容易にすることができる。

【0039】同様に、第4実施形態に対しても、通常動作時における制御回路24からの出力信号波形を図11に示すように、可動電極を変位させる期間 $\phi 4$ をなくし、自己診断を行うときに図9に示すように第1、第2、第3、第4の期間 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 4$ により自己診断を行うようにすれば、上記と同様の効果を得ることができる。

【0040】なお、上記した種々の実施形態において、制御回路24は、基準クロックCLKをカウンタなどの計数手段により計数することによって、 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 4$ などの各期間における図3、図4、図8乃至図11の信号波形を生成しており、例えば図3に示す実施形態の場合、 $\phi 1 + \phi 2$ を基準クロックCLKの10パルス分、 $\phi 3$ を基準クロックCLKの40パルス分というように設定して信号生成を行うことができる。

【0041】また、本発明は、上記した種々の実施形態

に示す加速度センサに適用するものに限らず、圧力センサ、ヨーレートセンサなどの静電容量式の物理量検出装置にも同様に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態における加速度センサのセンサ部の模式的構成を示す図である。

【図2】図1中の検出回路20の具体的な構成を示す図である。

【図3】図2に示す回路の通常動作時の作動説明に供する信号波形図である。

【図4】図2に示す回路の自己診断時の作動説明に供する信号波形図である。

【図5】本発明の第2実施形態における検出回路20の具体的な構成を示す図である。

【図6】本発明の第3実施形態における検出回路20の具体的な構成を示す図である。

【図7】本発明の第4実施形態における検出回路20の具体的な構成を示す図である。

【図8】図7に示す回路の通常動作時の作動説明に供する信号波形図である。

【図9】図7に示す回路の自己診断時の作動説明に供する信号波形図である。

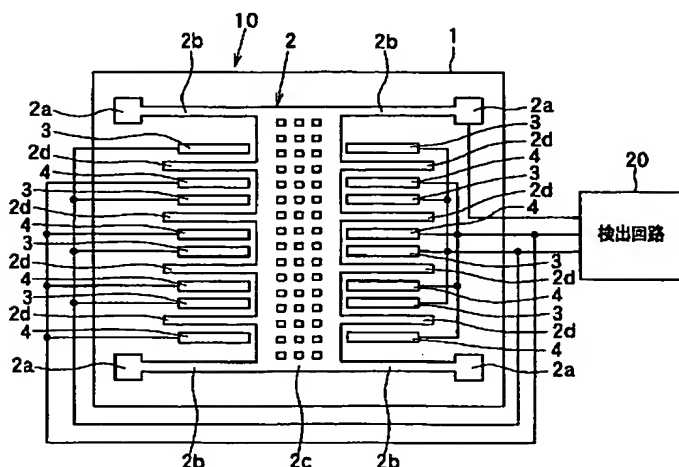
【図10】本発明の第5実施形態を説明するための信号波形図である。

【図11】本発明の第5実施形態を説明するための他の信号波形図である。

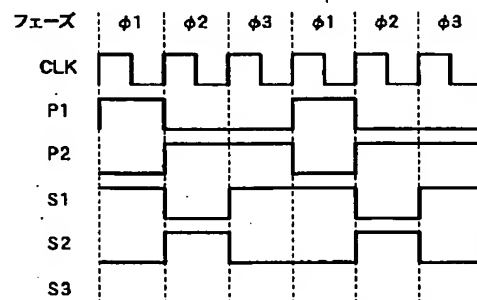
【符号の説明】

2…梁構造体、2d…可動電極、3、4…固定電極、10…センサエレメント、20…検出回路、21…C-V変換回路、22…信号処理回路、23…スイッチ回路、24…制御回路、25、26…スイッチ。

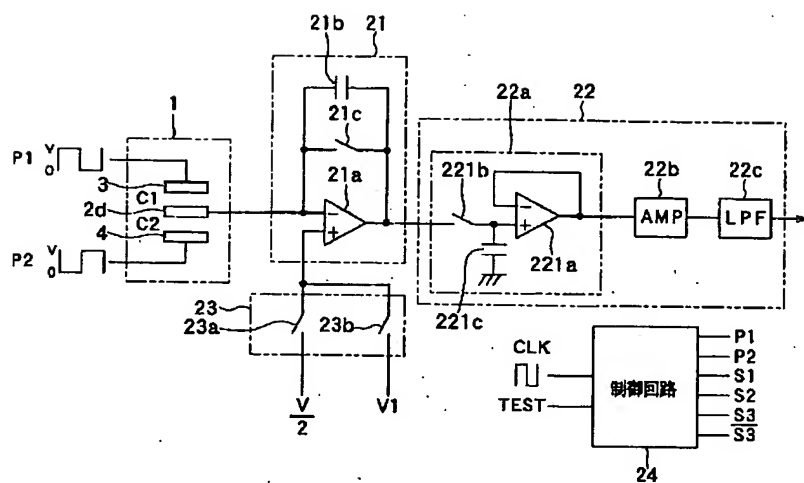
【図1】



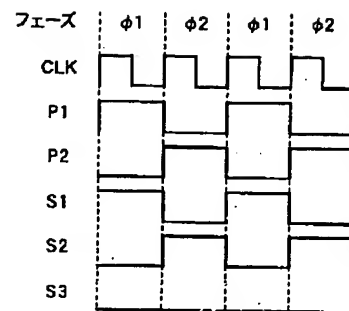
【図3】



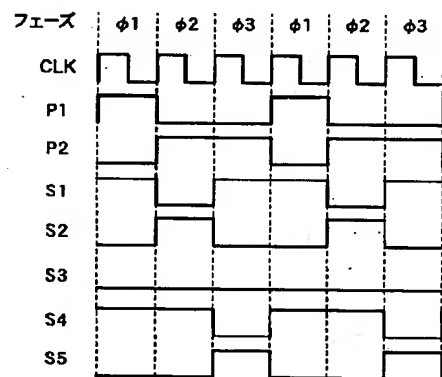
【図2】



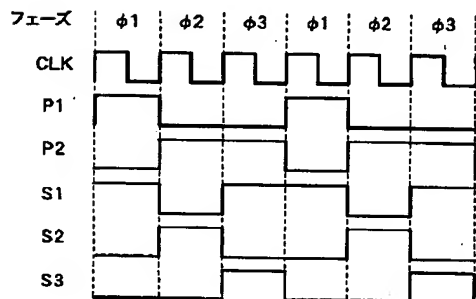
【図10】



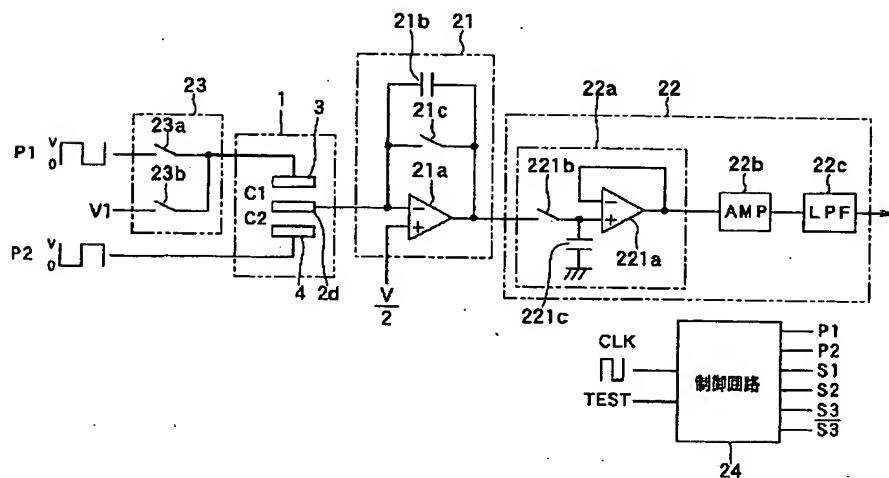
【図11】



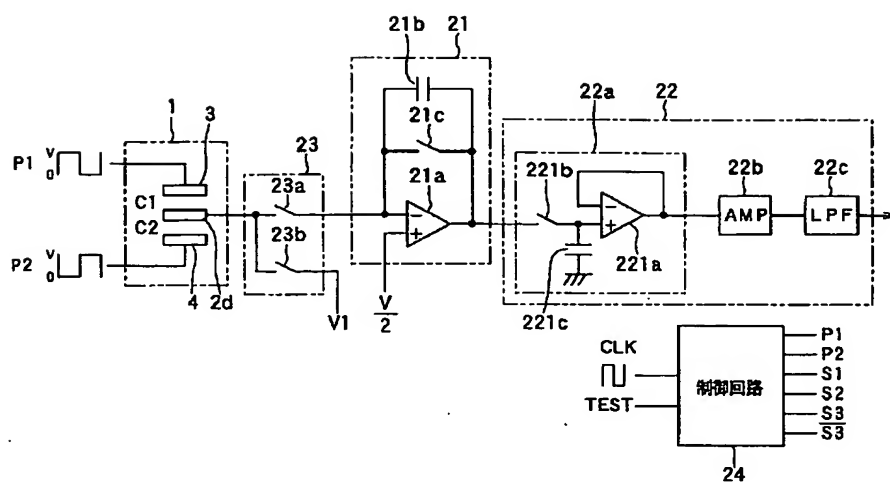
【図4】



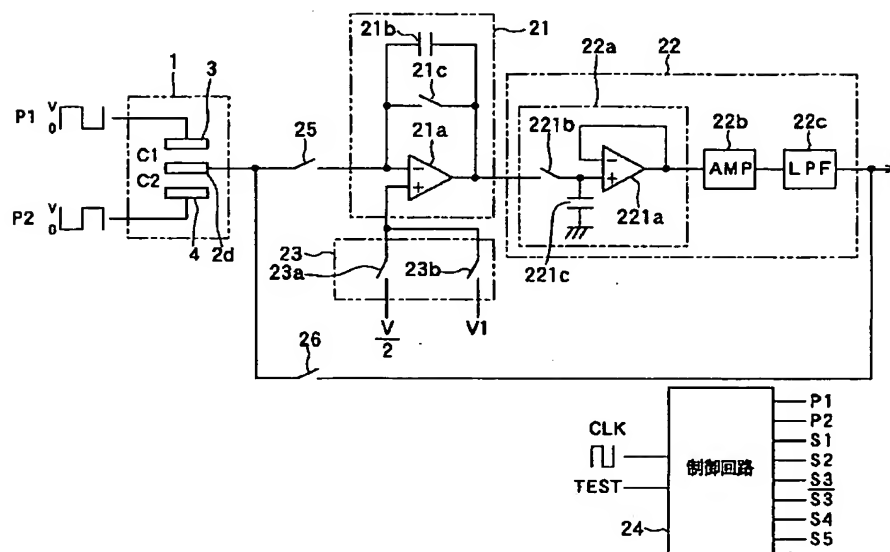
【図5】



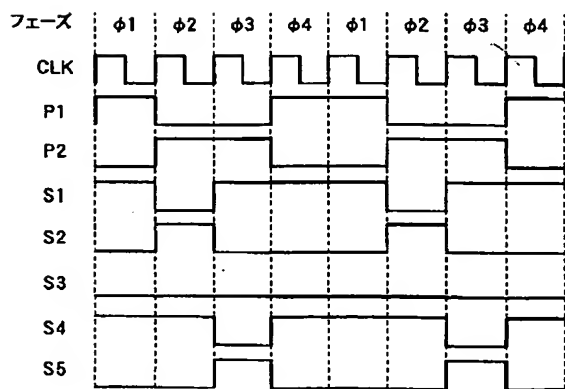
【図6】



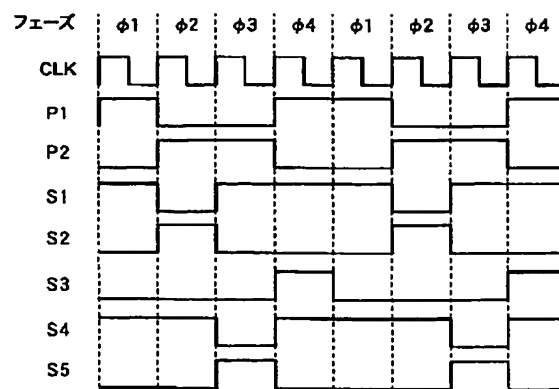
【図7】



【図8】



【図9】



THIS PAGE BLANK (USPTO)